

**PERANCANGAN KOPLING KAKU (FLENS) PADA
TRANSMISI KAPAL PANDU (PILOT) DENGAN DAYA 231
KW DAN PUTARAN MESIN 2200 RPM MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

BEJO AJI AGUS SAPUTRO

D200150080

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**



HALAMAN PERSETUJUAN

**PERANCANGAN KOPLING KAKU (FLENS) PADA TRANSMISI KAPAL
PANDU (PILOT) DENGAN DAYA 231 KW DAN PUTARAN MESIN 2200
RPM MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

PUBLIKASI ILMIAH

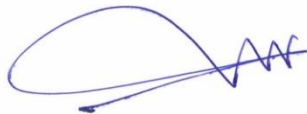
Oleh:

BEJO AJI AGUS SAPUTRO

D200150080

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



Agung Setyo Darmawan

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN KOPLING KAKU (FLENS) PADA TRANSMISI KAPAL
PANDU (PILOT) DENGAN DAYA 231 KW DAN PUTARAN MESIN 2200
RPM MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

OLEH

BEJO AJI AGUS SAPUTRO

D200150080

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada Hari Sabtu, 18 Januari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji :

- 1. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Joko Sedyono, S.T., M.Eng, Ph.D**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Ir. Tri Tjahjono, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)

()
()
()

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D, IPM
NIK/NIDN : 0630126302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 03 Februari 2020

Penulis



Bejo Aji Agus Saputro

D200150080

PERANCANGAN KOPLING KAKU (FLENS) PADA TRANSMISI KAPAL PANDU (PILOT) DENGAN DAYA 231 KW DAN PUTARAN MESIN 2200 RPM MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Abstrak

Kopling adalah salah satu elemen permesinan yang merupakan hal penting dalam transmisi pada kapal. Kopling berfungsi sebagai meneruskan daya dari poros penggerak (mesin) ke poros yang digerakkan (baling-baling). Kopling kaku (flens) merupakan salah satu jenis kopling yang paling sederhana dan paling banyak digunakan pada transmisi kapal. Kelemahan dari kopling kaku adalah tidak mengijinkan sedikitpun ketidaklurusan antara kopling dan ujung poros, serta tidak dapat mengurangi tumbukan transmisi. Momen puntir yang dikeluarkan oleh mesin utama dapat menyebabkan kegagalan dan kerusakan pada kopling, terutama pada bagian baut dan pasak. Kerusakan pada mesin merupakan masalah besar karena penerusan daya dari mesin utama sampai ke baling-baling akan terganggu sehingga menyebabkan kapal tidak bisa berlayar. Oleh karena itu dibutuhkan analisis kekuatan pada setiap komponen kopling kaku (flens) dengan menggunakan metode elemen hingga untuk mengetahui pemilihan material yang baik pada komponen kopling. Dari analisis tegangan geser pada setiap komponen memiliki kekuatan yang berbeda-beda seperti pada poros sebesar 24.531 N/mm^2 , pada flens sebesar 1.533 N/mm^2 , pada baut, 18.782 N/mm^2 , dan pada pasak sebesar 24.517 N/mm^2

Kata kunci : Kopling, Transmisi Kapal, Metode Elemen Hingga, Tegangan Geser.

Abstract

Clutch is one of the machining elements which is important in the transmission on Ships. The Clutch functions as a forwarding power from the drive shaft (engine) to the driven shaft (propeller). Rigid couplings (flange) are one of the simple type of coupling and are most widely used in ship transmissions. The disadvantage of rigid couplings is that they do not allow the slightest alignment between the clutch and the shaft end, and cannot reduce the transmission collision. The torque released by the main engine can cause failure and damage to the clutch, especially on the bolts and keys. Damage to the engine is a big problem because the forwarding of power from the main engine to the propeller will be disrupted, causing the ship unable to sail. Therefore, it is necessary to analyze the strength of each component of the rigid coupling (flange) using the finite element method to determine the selection of good material on the coupling component. From the analysis of shear stress on each component has different strengths such as the shaft of 24.531 N/mm^2 , on the flange of 1.533 N/mm^2 , on the bolt 18.782 N/mm^2 , and on the keys 24.517 N/mm^2 .

Keywords : Clutch, Ship Transmission, Finite element Method, Shear Stress

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal pandu (*Pilot*) merupakan salah satu jenis kapal yang memiliki tugas dalam mengawal dan memberikan arahan pada kapal yang akan berlabuh ke pelabuhan maupun keluar pelabuhan. Di mana dalam menjalankan lambung kapal diperlukan sebuah permesinan dan juga transmisi untuk bisa menggerakkan kapal.

Di dalam dunia permesinan perlu adanya pemahaman tentang fungsi, komponen, dan sistem kerja dari transmisi mesin. Pada umumnya pengguna mesin dalam dunia transportasi masih banyak yang belum memahami apa itu transmisi. Transmisi mempunyai banyak susunan dan komponen-komponen penting yang seharusnya diketahui sebagian orang. Dengan mengetahui segala hal yang berkaitan dengan transmisi, maka apabila terjadi hal yang tidak diinginkan seperti kerusakan dapat segera dilakukan perbaikan.

Transmisi merupakan suatu komponen yang memiliki tujuan sebagai pemindah tenaga dari sebuah mesin kendaraan, yaitu sistem yang berfungsi mengatur tingkat kecepatan dalam proses pemindahan dari sumber tenaga (mesin) ke poros yang digerakan. Transmisi memiliki beberapa komponen seperti kopling, roda gigi, differensial, dan poros yang terhubung ke roda penggerak.

Kopling adalah sebuah perangkat dari komponen transmisi yang digunakan untuk menghubungkan poros penggerak dengan poros yang digerakkan, dengan tujuan untuk mentransmisikan tenaga pada mesin. Pada umumnya, kopling digunakan untuk koneksi antar unit poros yang diproduksi secara terpisah. Seperti motor dengan generator, motor listrik dengan pompa sentrifugal, dan lain-lain. Karena sulitnya mekanisme dalam transportasi dari poros yang mempunyai bentuk yang panjang dan lebih besar, jadi perlu adanya penggabungan dua atau lebih poros dengan kopling. Kopling dibagi menjadi 2 jenis, yaitu kopling tetap dan kopling

tak tetap. Kopling tetap terdiri dari kopling kaku, kopling fluida, dan kopling karet. Sedangkan untuk kopling tak tetap terdiri dari kopling cakar, kopling kerucut, kopling fleewheel, dan kopling pelat

Kopling tetap merupakan salah satu elemen mesin yang ada pada sistem transmisi yang memiliki fungsi sebagai penerus daya. Kopling kaku (flens) merupakan salah satu jenis kopling yang paling sederhana dan paling banyak digunakan pada pemesinan kapal, alat fitnes, dan pabrik industri. Kopling kaku memiliki kelemahan yang tidak mengizinkan sedikitpun ketidaklurusan antara kopling dan ujung poros, serta tidak dapat mengurangi tumbukan transmisi. Puntiran yang dikeluarkan oleh mesin utama dapat menyebabkan kegagalan atau kerusakan pada kopling, terutama pada pasak dan baut. Kerusakan pada kopling merupakan masalah besar karena mesin utama tidak dapat lagi meneruskan daya (torsi) ke poros penggerak sehingga poros penggerak tidak dapat berputar. Untuk itu perlu adanya perancangan ulang dengan melakukan modifikasi baik itu pada material maupun pada dimensinya.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.) Bagaimana membuat model kopling flens kaku pada transmisi kapal dengan menggunakan metode elemen hingga ?
- 2.) Bagaimana mengurangi biaya yang diperlukan dalam proses perencanaan kopling ?
- 3.) Bagaimana mengurangi waktu yang diperlukan dalam proses perencanaan kopling ?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.) Merancang kopling kaku (flens) dengan menggunakan perhitungan matematis.
- 2.) Membuat model kopling kaku (flens) dengan menggunakan *software* berbasis metoda elemen hingga.
- 3.) Membandingkan hasil perancangan kopling flens kaku dengan perhitungan matematika dan metode elemen hingga.

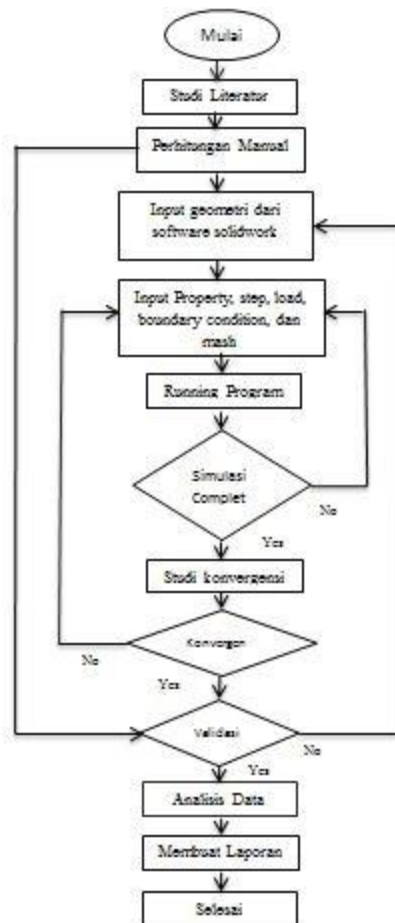
1.4 Batasan Masalah

- 1.) Analisa dan pengolahan data menggunakan software metode elemen hingga Abaqus 6.14-5.
- 2.) Analisa dilakukan pada komponen poros, flens kopling, baut, dan pasak.

2. METODE

Penelitian dilakukan sesuai dengan diagram alir yang ditunjukan pada gambar

2.



Gambar 1 Diagram Alir

2.1 Alat Penelitian

Dalam proses simulasi ini digunakan sebuah perangkat komputer yang mendukung dalam proses melakukan simulasi dan pemodelan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Abaqus 6.14-5* dan

pemodelan dilakukan dengan menggunakan *Software Solidwork 2017*. Adapun spesifikasi komputer yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Processor : *intel (R)core(TM)i3-4005U CPU @1.70Hz 1.70Hz*
- Memory : 4000MB
- VGA : *NVIDIA GeForce 820M*
- OS : *Windows 8.1 Pro 64-bit*

2.2 Pemodelan Komponen Kopling dan Material Yang Digunakan

Dalam pemodelan komponen kopling dirancang menggunakan software *Solidwork 2017* dan dianalisis menggunakan software *Abagus 6.14-5*. Dalam penelitian ini menggunakan 3 jenis material yaitu *Stainless Steel 316*, *Stainless Steel 304*, dan Baja *AISI 1008*, di mana masing-masing material memiliki sifat yang berbeda.

Penggunaan material *Stainlesss Steel 316* dan *Stainless Steel 04* dalam proses pembuatan komponen kopling dilakukan karena rancangan kopling digunakan pada daerah perairan laut yang membutuhkan bahan yang tahan korosi. Sifat mekanik *Stainless Steel 316*, *Stainless Steel 304* dan baja *AISI 1008* dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 Modulus Elasticity *Stainless Steel 316* dan *Stainless Steel 304*

Modulus Young (N/mm^2)	Postion Ratio
193000	0.29

Tabel 2 Modulus Elasticity Baja *AISI 1008*

Modulus Young (N/mm^2)	Postion Ratio
200000	0.29

2.3 Proses Step

Untuk meneliti tegangan geser yang terjadi pada komponen kopling menggunakan 1 langkah yaitu menggunakan *Procedure type: Static, General* dengan panjang periode sebesar 0.001. yang dimasukan pada

proses step pada software abaqus.

2.4 Proses Mesh

Dalam menganalisa model simulasi dengan metode elemen hingga, model benda perlu dibagi menjadi beberapa elemen dengan ukuran mesh tertentu. Proses meshing dilakukan untuk mengontrol mesh pada komponen. Pada penelitian ini menggunakan ukuran mesh 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55, dan 3.5. yang kemudian dicari ukuran yang stabil dengan ukuran yang lainnya.

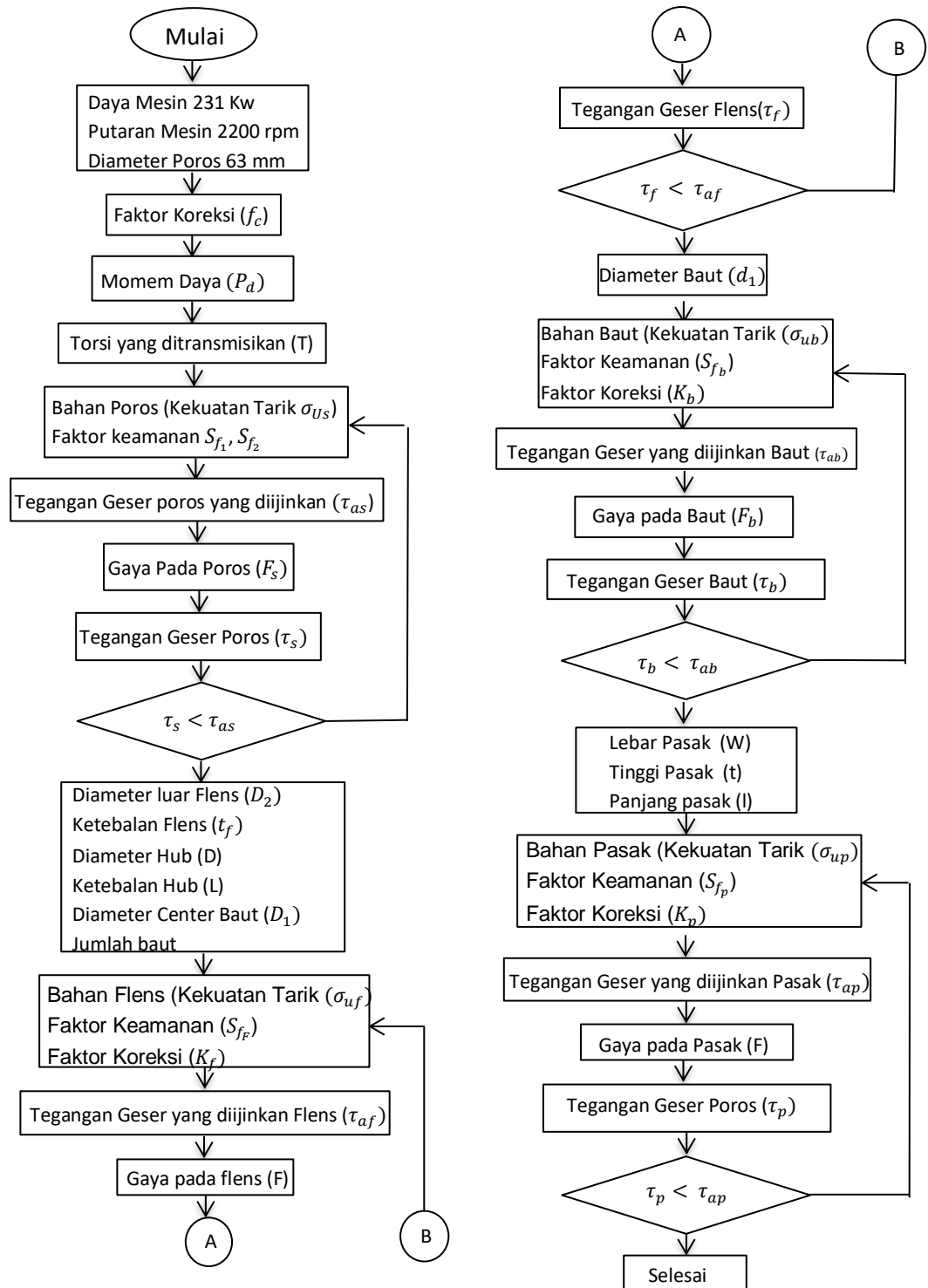
2.5 Proses Load

Dalam melakukan penelitian perancangan kopling diperlukan kondisi - kondisi batas tertentu pada benda seperti pemberian pembebanan dalam setiap komponen. Untuk mempermudah dalam melakukan penelitian proses analisis dilakukan dengan per komponen dengan nilai pembebanan seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Pembebanan Pada komponen Kopling Kaku (Flens)

Komponen	Beban (N)
Poros	31,847.11
Flens	19,108.28
Baut	4,246.28
Pasak	38,216.56

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2 Diagram Perhitungan Manual

3.1 Dimensi Komponen Kopling

Dari hasil pembelajaran mengenai kopling kaku (flens) didapatkan diameter poros sebesar 63 mm diambil dari ukuran poros yang digunakan pada kapal (Safehaven marine), dan persamaan untuk mengetahui ukuran komponen kopling sebagai berikut:

1.) Diameter luar flens kopling

$$D_2 = 4d \quad (1)$$

2.) Ketebalan flens kopling

$$t_f = 0.5d \quad (2)$$

3.) Diameter sumbu baut

$$D_1 = 3d \quad (3)$$

4.) Diameter hub

$$D = 2d \quad (4)$$

5.) Ketebalan hub

$$L = 1.5d \quad (5)$$

6.) Diameter baut

$$d_1^2 = \frac{8T}{\pi D_1 n \tau_{ab}} \quad (6)$$

7.) Lebar pasak

$$w = \frac{d}{4} \quad (7)$$

8.) Panjang pasak

$$l = 1.571 d \quad (8)$$

Dari hasil persamaan perhitungan didapatkan nilai ukuran komponen kopling kaku (flens) sebagai berikut :

- 1.) Diameter luar flens kopling = 252 mm
- 2.) Ketebalan flens kopling = 31.5 mm
- 3.) Diameter sumbu baut = 189 mm
- 4.) Diameter hub = 126 mm
- 5.) Ketebalan hub = 94.5 mm
- 6.) Diameter baut = 12 mm (M12)
- 7.) Lebar pasak = 15.75 mm
- 8.) Panjang pasak = 98.97 mm

Untuk menghitung besarnya torsi dapat kita lakukan melalui daya dan putaran mesin yang dihasilkan. Menurut buku Khurmi & Gupta Machine Design edisi tahun 2005 didapatkan persamaan 9 dalam mencari nilai torsi (Khurmi & Gupta, 2005)

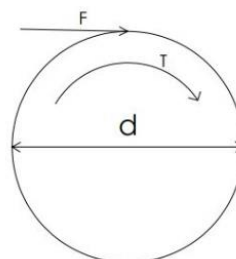
$$T = \frac{P_d \times 60}{2\pi n} \quad (9)$$

Di mana :

- T = Torsi yang ditransmisikan ($N.mm$)
 P_d = Momen daya ($Watt$)
 n = Putaran mesin (rpm)

3.1.1 Pembebanan poros

Dalam mencari nilai pembebanan dari poros dapat menggunakan persamaan 10 dan letak posisi pembebanan dapat dilihat pada gambar 3 (khurmi & Gupta, 2005)



Gambar 3 Pembebanan poros

$$F_s = \frac{T}{\left(\frac{d}{2}\right)} \quad (10)$$

Dimana :

F_s = Gaya yang terjadi pada poros (N)

T = Torsi yang ditransmisikan (N.mm)

d = Diameter poros (mm)

3.1.2 Tegangan geser yang terjadi pada poros

Tegangan geser yang terjadi pada poros dapat diketahui melalui persamaan 11 (Khurmi & Gupta, 2005)

$$\tau_s = \frac{16T}{\pi \times d^3} \quad (11)$$

Di mana :

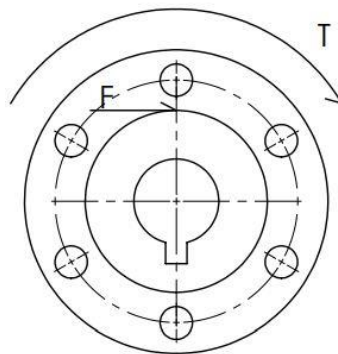
τ_s = Tegangan geser yang terjadi pada poros (N/mm²)

T = Torsi yang direncanakan (N.mm)

d = Diameter poros (mm)

3.1.3 Pembebanan pada flens

Dalam mencari nilai pembebanan dari flens dapat menggunakan persamaan 12 dan letak posisi pembebanan dapat dilihat pada gambar 4 (Khurmi & Gupta, 2005)



Gambar 6 Pembebanan flens

$$F = \frac{2T}{D} \quad (12)$$

Di mana :

F = Gaya pembebanan flens (N)

T = Momen torsi $(N.mm)$

D = Diameter hub (mm)

3.1.4 Tegangan geser yang terjadi pada flens

Tegangan geser yang terjadi pada poros dapat diketahui melalui persamaan 13 (Khurmi & Gupta, 2005)

$$\tau_f = \frac{2T}{\pi D^2 t_f} \quad (13)$$

Di mana :

τ_f = tegangan geser yang terjadi pada flens (N/mm^2)

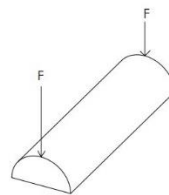
T = Momen torsi $(N.mm)$

D = Diameter hub (mm)

t_f = Tebal flens (mm)

3.1.5 Pembebanan pada baut

Dalam mencari nilai pembebanan dari baut dapat menggunakan persamaan 14 dan letak posisi pembebanan dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Pembebanan baut

$$F_b = \frac{2T}{D_1} \quad (14)$$

Di mana :

$$\begin{aligned}
 F_b &= \text{Gaya yang terjadi pada baut} & (N) \\
 T &= \text{Momen puntir} & (N.mm) \\
 D_1 &= \text{Garis sumbu lingkaran baut} & (mm)
 \end{aligned}$$

3.1.6 Tegangan geser yang terjadi pada baut

Tegangan geser yang terjadi pada poros dapat diketahui melalui persamaan 15

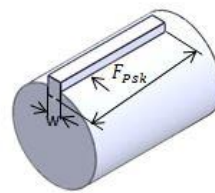
$$\tau_b = \frac{8T}{\pi d_1 n D_1} \quad (15)$$

Di mana :

$$\begin{aligned}
 \tau_b &= \text{Tegangan geser baut} & (N/mm^2) \\
 T &= \text{Momen Puntir} & (N.mm) \\
 D_1 &= \text{Diameter lingkaran baut} & (mm) \\
 n &= \text{Jumlah baut} \\
 d_1 &= \text{diameter baut} & (mm)
 \end{aligned}$$

3.1.7 Pembebanan pada pasak

Dalam mencari nilai pembebanan dari baut dapat menggunakan persamaan 16 dan letak posisi pembebanan dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6 Pembebanan pasak

$$F_p = \frac{2T}{d} \quad (16)$$

Di mana :

$$\begin{aligned}
 F_p &= \text{Gaya yang terjadi pada pasak} & (N) \\
 T &= \text{Momen torsi} & (N.mm)
 \end{aligned}$$

d = Diameter poros (mm)

3.1.8 Tegangan geser pada pasak

Tegangan geser yang terjadi pada poros dapat diketahui melalui persamaan 17

$$\tau_p = \frac{2T}{l \times w \times d} \quad (17)$$

Di mana :

τ_p = Tegangan pasak yang terjadi (N/mm²)

T = Momen puntir (N.mm)

l = Panjang pasak (mm)

$w = t$ = Tinggi pasak (mm)

d = Diameter poros (mm)

Selain menerima tegangan geser, komponen pasak juga mengalami tegangan tekan yang hasilnya tidak lebih dari 2 kali dari tegangan geser. Berikut adalah persamaan 18 untuk mencari nilai tegangan tekan pada permukaan pasak (Khurmi & Gupta, 2005)

$$\sigma_{pp} = \frac{4T}{l \times d \times t} \quad (18)$$

Di mana :

σ_{pp} = Tegangan Tekan pada pasak (N/mm²)

T = Momen puntir (N.mm)

l = Panjang pasak (mm)

t = Tinggi pasak (mm)

d = Diameter poros (mm)

Dari perhitungan tegangan geser pada semua komponen kopling kapal didapatkan nilai tegangan geser pada setiap komponen seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Tegangan Geser Perhitungan Manual

Komponen	Tegangan Geser (N/mm^2)
Poros	24.531
Flens	1.533
Baut	18.782
Pasak	24.517

3.2 Studi Konvergensi

Studi konvergensi adalah suatu analisi untuk menentukan jumlah elemen dengan akurat yang bisa diterima dalam suatu analisis berbasis metode elemen hingga. Analisa dilakukan dengan membandingkan ukuran Mesh yang berbeda-beda, perbandingan pada pengujian menggunakan nilai Stress von Mises (Styadi, 2017).

3.3 Penyimpangan

Penyimpangan adalah perbedaan antara hasil simulasi dan hasil eksperimen, penyimpangan dilakukan sampai pada nilai penyimpangan keseluruhan yang terjadi hingga nilai penyimpangan bisa diterima. Dalam simulasi, agar hasil dapat diterima dan sesuai dengan hasil eksperimen maka diperlukan validasi.

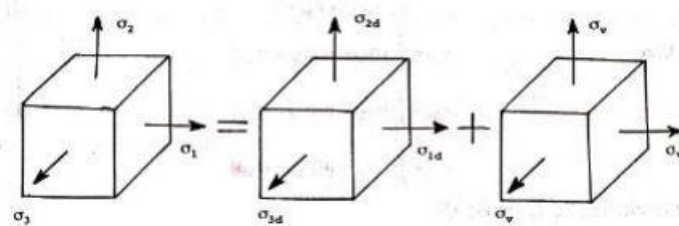
Validasi adalah proses membandingkan sebuah data dengan data lain yang dianggap sebagai acuan. Dalam penelitian ini data hasil perhitungan matematis digunakan sebagai acuan. Penyimpangan yang diperoleh adalah perbandingan antara selisih antara kedua data dengan data yang dijadikan acuan. Nilai Penyimpangan dapat dicari menggunakan persamaan 19.

$$\text{penyimpangan} = \frac{\text{Data}_{\text{Eksperimen}} - \text{Data}_{\text{Simulasi}}}{\text{Data}_{\text{Eksperimen}}} \times 100\% \quad (19)$$

3.4 Tegangan von Mises

Von mises (1913) menyatakan bahwa tegangan luluh akan terjadi saat energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai

suatu nilai kritis tertentu. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa energi distorsi adalah bagian dari energi regangan total per unit volume yang terlibat di dalam perubahan bentuk seperti diperlihatkan pada gambar 7. Untuk mencari nilai energi distorsi maksimum dapat menggunakan persamaan 20.



Gambar 7 Tegangan elemen tiga dimensi

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]} \quad (20)$$

di mana

σ_y = Tegangan von Mises (Energi distorsi) (MPa)

σ_1 = Tegangan utama arah sumbu x (MPa)

σ_2 = Tegangan utama arah sumbu Y (MPa)

σ_3 = Tegangan utama arah sumbu z (MPa)

Dari persamaan di atas didefinisikan kekuatan luluh (*yield*) terhadap tegangan geser dari material ulet adalah fraksi dari kekuatan luluh yang didapat dari uji tarik. Teori ini banyak digunakan dalam bahan yang liat (*ductile*) menggantikan teori energi regangan maksimum (Khurmi & Gupta, 2005).

3.5 Simulasi Kopling Kaku (Flens)

Analisa perencanaan Kopling kaku (flens) dengan metode elemen hingga digunakan untuk mengetahui nilai tegangan geser yang terjadi dengan nilai pembebanan yang diperoleh dari perhitungan manual. Hasil nilai tegangan geser pada waktu simulasi akan diverifikasi

dengan hasil tegangan geser perhitungan manual.

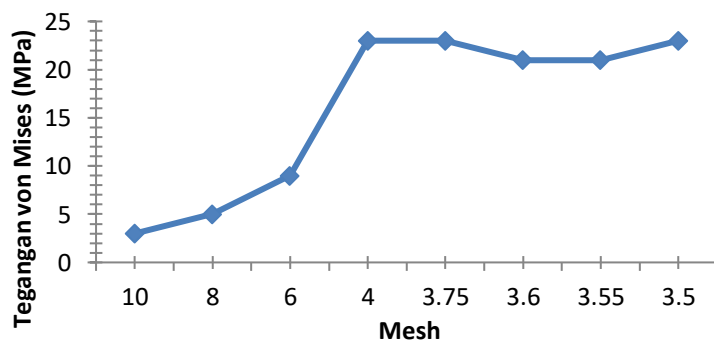
3.5.1 Simulasi poros

Dalam studi konvergensi yang dilakukan pada komponen poros dengan diameter 63 mm, dan panjang 100 mm. Beban gaya sebesar 38216.56N akan diberikan. Pada pengujian ini dibuat dengan ukuran mesh 10,8,6,4,3.75,3.6,3.5. Berikut adalah hasil tegangan *von Mises* yang dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5 Ukuran mesh dan tegangan von Mises pada poros

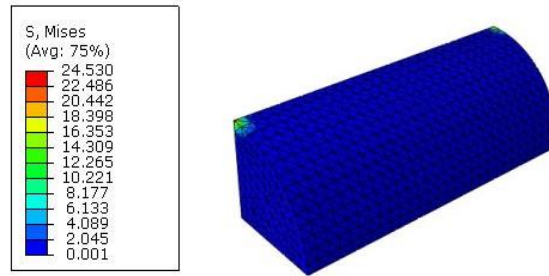
Mesh	Jumlah elemen	von Mises (MPa)
10	638	3.77
8	1224	6.11
6	2452	10.21
4	8070	26.76
3.75	9102	26.07
3.6	11220	24.53
3.55	11220	24.53
3.5	11698	26.51

Grafik hasil konvergensi tegangan von Mises dengan *Mesh* 10,8,6,4,3.75, 3.6, 3.55, 3.5 pada poros dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Grafik hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* yang digunakan pada poros.

Dari gambar 8 Hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* dari ukuran poros yang mendekati garis stabil berada diangka 3.6, sehingga mesh yang digunakan untuk pengukuran sebesar 3.6. hasil proses simulasi komponen poros dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Hasil simulasi dari poros

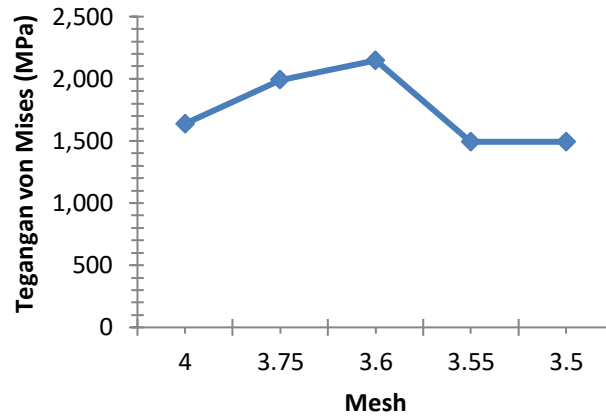
3.5.2 Simulasi flens

Dalam studi konvergensi yang dilakukan pada komponen flens dengan dimensi diameter luar flens 252 mm, ketebalan 31.5 mm, diameter hub 126 mm, ketebalan hub 94.5 mm, dan diameter lingkaran baut 189 mm. Beban yang dialami pada flens sebesar 19,108.28 *N*, nilai tersebut didapatkan dari perhitungan manual. Pada pengujian ini dibuat dengan *Mesh* 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55. Berikut adalah hasil tegangan von Mises pada flens yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Tabel mesh dan tegangan von Mises pada flens

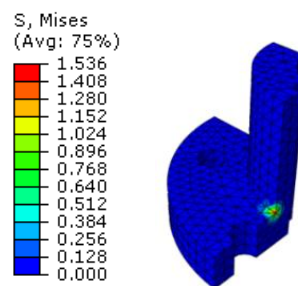
Mesh	Jumlah elemen	von Mises (MPa)
10	4530	0.252
8	8332	0.274
6	19293	0.547
4	62964	2.018
3.75	73891	1.217
3.6	82347	1.594
3.55	79540	1.536
3.5	84589	2.07

Hasil tegangan von Mises dengan *Mesh* 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55 pada flens dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 Hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* yang digunakan pada flens

Dari gambar 10 hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* dari ukuran flens yang mendekati garis stabil berada diangka 3.6, sehingga *Mesh* yang digunakan untuk pengukuran sebesar 3.6. Hasil simulasi komponen flens dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* yang terjadi pada pasak.

3.5.3 Simulasi baut

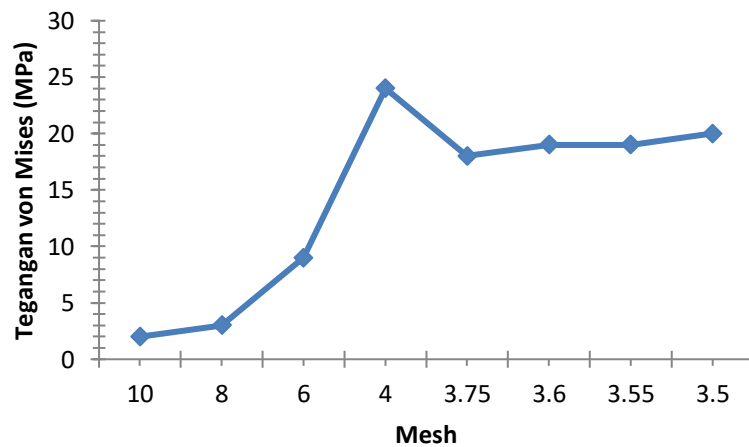
Dalam studi konvergensi yang dilakukan pada komponen baut dengan dimensi. Diameter 11.56 mm dan panjang lengan 75 mm. Beban yang dialami pada baut sebesar 4,246.28 N, nilai tersebut

didapatkan dari perhitungan manual. Pada pengujian dibuat dengan *Mesh* 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55, 3.5. Berikut adalah hasil tegangan von Mises konvergensi yang dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 7 Tabel *mesh* dan tegangan von Mises pada baut

Mesh	Jumlah Elemen	von Mises (MPa)
10	468	2.38
8	1178	3.47
6	2357	8.87
4	8242	24.15
3.75	11178	18.78
3.6	12455	18.74
3.55	13492	19.90
3.5	14161	19.80

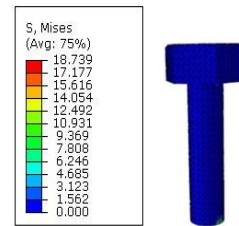
Grafik hasil tegangan von Mises dengan *Mesh* 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55 pada baut dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12 Hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* yang digunakan pada baut

Dari gambar 12 hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* baut yang mendekati titik kestabilan berada diangka 3.6, sehingga *Mesh* yang digunakan untuk pengukuran sebesar 3.6. Hasil simulasi

komponen baut dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 Hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* yang terjadi pada baut

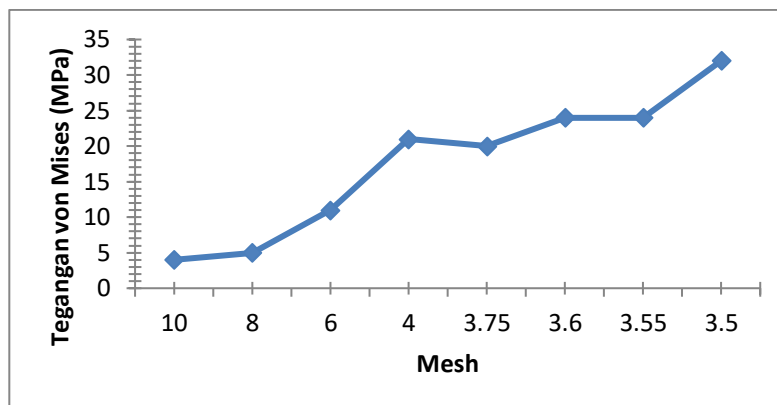
3.5.4 Simulasi pasak

Dalam studi konvergensi yang dilakukan pada komponen pasak dengan panjang 98.97 mm, lebar 15.57 mm, dan tinggi 15.57 mm. Beban yang diberikan pada komponen pasak sebesar 38,216.56 N nilai tersebut didapatkan dari perhitungan manual. Pada pengujian ini dibuat dengan *Mesh* 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55, 3.5. berikut adalah hasil tegangan von Mises konvergensi yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Tabel *Mesh* dan tegangan von Mises pada pasak

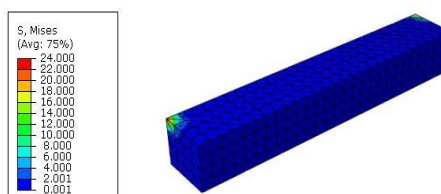
Mesh	Jumlah Elemen	von Mises (MPa)
10	376	4.568
8	395	5.346
6	1216	11.475
4	3006	21.443
3.75	3269	20.705
3.6	3418	24.000
3.55	3614	24.212
3.5	4848	32.590

Grafik hasil tegangan von Mises dengan *Mesh* 10, 8, 6, 4, 3.75, 3.6, 3.55 pada pasak dapat dilihat pada gambar 14



Gambar 14 Hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* yang digunakan pada pasak

Dari gambar 14 hubungan tegangan von Mises dengan *Mesh* dari hasil simuasi pada ukuran pasak yang mendekati garis stabil berada diukuran *Mesh* 3.6, sehingga *Mesh* yang digunakan dalam penelitian sebesar 3.6. Hasil simulasi komponen pasak dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15 Visualisasi simulasi pasak

3.6 Validasi

Penyimpangan dari hasil perhitungan tegangan geser secara manual dengan tegangan geser hasil simulasi diperlihatkan pada tabel 9.

Tabel 9 Penyimpangan hasil dari simulasi dengan perhitungan manual

No	Komponen	Tegangan Geser		Penyimpangan (%)
		Perhitungan Manual N/mm^2	Hasil Simulasi N/mm^2	
1	Poros	24.531	24.530	0.004
2	Flens	1.533	1.536	0.195
3	Baut	18.782	18.740	0.22
4	Pasak	24.517	24.000	

Untuk mengetahui apakah rancangan aman atau tidak dapat melihat perbandingan nilai tegangan geser yang diijinkan oleh material dengan tegangan geser hasil simulasi, yang dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Nilai keamanan tegangan geser yang terjadi pada hasil simulasi dengan batas nilai tegangan maksimum pada material

No	komponen	Tegangan Geser		
		Tegangan geser yang diijinkan (N/mm^2)	Hasil Simulasi (N/mm^2)	keterangan
1.	Poros	28.027	24.53	Aman
2.	Flens	20.23	1.536	Aman
3.	Baut	30.35	18.739	Aman
4.	Pasak	80.4	24.000	Aman

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari proses analisa dengan metode elemen hingga dan perhitungan matematis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1.) Perancangan kopling kaku (flens) dengan menggunakan perhitungan matematis berhasil dilakukan dengan menggunakan diameter poros sebesar 63 mm (Safehaven Marine) dengan tegangan geser $24.531 N/mm^2$ batas keamanannya sebesar $28.027 N/mm^2$ menghasilkan ukuran dimensi luar flens sebesar 252 mm dengan ketebalan 31.5 mm, diameter hub sebesar 189 mm dengan ketebalan 94.5 mm dengan nilai tegangan geser sebesar $1.533 N/mm^2$ dari batas keamanan sebesar $20.23 N/mm^2$, ukuran dimensi baut sebesar 12 mm (M12) dengan nilai tegangan geser sebesar $18.739 N/mm^2$ dari batas keamanan sebesar $30.35 N/mm^2$, lebar dan tinggi pasak sebesar 15.75 mm, dan panjang 98.97 mm dengan nilai tegangan geser sebesar $24.517 N/mm^2$ dari batas keamanan sebesar $80.4 N/mm^2$.

- 2.) Analisa kopling kaku (flens) dengan software Abaqus 6.14-5 berhasil dilakukan dengan menghasilkan tegangan geser maksimum pada komponen poros sebesar $24.530N/mm^2$, komponen flens kopling sebesar $1.536 N/mm^2$, komponen baut sebesar $18,739N/mm^2$, dan komponen pasak sebesar $24.000N/mm^2$.
- 3.) Dari hasil tegangan geser yang dilakukan dalam perhitungan matematis dan metode elemen hingga memiliki perbandingan dibawah 3% dan hal ini bisa diterima dalam proses melakukan perancangan (aktir dkk,2014)

4.2 Saran

- 1.) Dapat melakukan analisa kekuatan kopling kapal yang terjadi pada jenis kapal yang lainnya.
- 2.) Dapat memperkirakan umur kerja kopling kapal pandu (*pilot*) dengan menggunakan metode elemen hingga.

DAFTAR PUSTAKA

- Saxena Ayush, Ram Bahadur Sigh And Seema. 2019. "Fault Detection Of Rotor System Due To Dics Misalignment In Flange Coupling". India. International Journal Of Recent Scientific Research PP. 32055-32060
- Isworo Hajar. Ansyah Pahtur Razi. 2018. " Buku Ajar Metode Elemen Hingga". Banjarmasin. Universitas Lambung Mangkurat
- Nubly M. Haris. Yudo Hartono. Kriyanto. 2017. "Analisa Kekuatan *Coupling* Pada kapal Inspeksi Perikanan SKIPI Kelas ORCA Menggunakan Metode Elemen Hingga". Semarang. Universitas Diponegoro
- Setiadi David. 2017. "Studi Pengaruh Tekanan Terhadap Creep Pipa Boiler Pada Beban Panas 750 °C Dengan Metode Elemen Hingga". Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Somvir Singh. Bharat Bhushan. 2017. " Finite Element Analysis And Weigth Reduction Of Flange Coupling Using CAE Tools". Hisar (Haryana). Manav Institute Of Technology & Management
- Aslan T.Vivek. 2016. " Pemodelan Dan Analisis Poros Propeller dan Kopel".

Surabaya. Institute Teknologi Surabaya

Jaiswal Pawan. D.Debayan. R.Saurav. 2015. “Design And Stress – Analysis of a Rigit Flange Coupling Using FEM”. Durgapur. Departemen Of Mechanical Engineering Durgapur.

Shivaji G. Chavan. 2014. “Stress Analysis Of Flange Joint Using Finite Element Method. Maharastra : Finolex Academy of management and Tecnology

Francis Alex B. 2014. “Experimental, Numerical And Analytical Characterization Of Torsional Disk Coupling Systems”. Milwaukee. University of Wisconsin

Kiryanto. 2009. “ Analisa Teknis Penggantian Mesin Induk Kapal Patroli KP. Parikesit 513”. Semarang. Universitas Diponegoro

Khurmi, R.S. J.Gupta. 2005. “ Machine Design”. New Delhi : Eurasia Publising House

Sularso. Kiyokatsu Suga. 2004. “Dasar Perencanaan dan Pemilihan Element Mesin”. Jakarta. Pradnya Paramita

Pointer Jon. 2004. “ Understanding Accuracy And Discretization Error In An FEA Model”. Woodward Governor Company

Shah Chandresh. 2002. “ Mesh Discretization Error And Criteria For Accuracy of Finite Element Solutions”. Cummins, Ins

